

Title	水をこぼした時の音 : 温度と時間と音の高さの関係
Author(s)	
Citation	令和2（2020）年度学部学生による自主研究奨励事業 研究成果報告書
Issue Date	2021-04
oaire:version	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/80649
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

令和2年度大阪大学未来基金「学部学生による自主研究奨励事業」研究成果報告書

ふりがな 氏 名	ちん きょう 陳 強	学部 学科	工学部 応用自然科学学科	学年	1 年
ふりがな 共 同 研究者氏名		学部 学科		学年	年
					年
					年
アドバイザー教員 氏名	杉山 和靖 先生	所属	大学院基礎工学研究科 機能創成専攻		
研究課題名	水をこぼした時の音 ～温度と時間と音の高さの関係～				
研究成果の概要	研究目的、研究計画、研究方法、研究経過、研究成果等について記述すること。必要に応じて用紙を追加してもよい。(先行する研究を引用する場合は、「阪大生のためのアカデミックライティング入門」に従い、盗作・剽窃にならないように引用部分を明示し文末に参考文献リストをつけること。)				
<p>§ 要約</p> <p>本研究は沸騰した直後の水及びそれを室温に冷ました状態のそれをコップにこぼし、後者の音の方が沸騰前の水より前者と似ているということを検証し、関係性を調べるものであったが、スペクトログラム及びフォルマントの分布を調べたところ、はっきりとした違いは見つからなかった。今後はまず知識をつけてから実験方法を改良し、これらの音の違いがはっきりするような特徴を見つけたい。</p> <p>§ 動機と目的</p> <p>沸騰後の水をこぼした際、その音は低いくぐもったものになることはよく知られている。しかし、沸騰後の水を冷ましてこぼした時の音も、沸騰直後の水をこぼしたときの音と似ていると知人との雑談で知った。水をこぼした時の音は温度だけに依存しているわけではないことに不思議と思い、今回の研究に至った。今回の研究では、まずこの現象が本当に存在するのかを検証し、存在していれば沸騰時間の違いはどう音に影響を与えるか、と実験を通して関係性を見出すこと、できればその原因の究明を目的としている。</p> <p>§ 当初の研究計画</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 後述の実験を行ったのち、前述の現象を検証する。その後沸騰時間と音の関係を調べる。 2) シミュレーションでこの現象を再現する。 3) 現象を説明する仮説を立てる。 <p>§ 実験装置</p> <p>一辺 30cm の防音材を 5 つ使い、上面を除いた立方体を作った。その立方体の中に、ステンレスコップ A から図 1 に示したような装置に入った水を手で 30cm の高さからこぼし、その音を立方体の隅に設置したコンデンサーマイクを使い、audacity バージョン 2.4.2 を用いてサンプリング周波数 44100Hz で録音した。</p>					

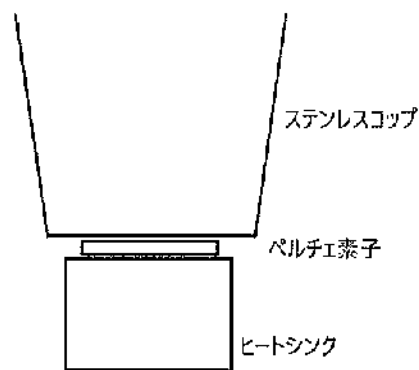


図1: 水の受け皿の模式図

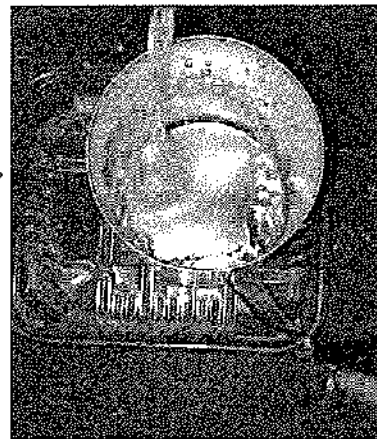


図2: 実験の様子の写真、録画より

§ 実験操作

- ・水をステンレスコップ A に測り取ってから水の温度を計測し、記録する。
- ・図1の受け皿に水をこぼし、録音①を取る。
- ・水をステンレスコップ A に戻し、家庭にあるコンロを用いて一番弱火でステンレスコップ A を直火で沸騰するまで加熱し、さらにそこから一定時間 T 経つまで加熱する。
- ・図1の受け皿に水をこぼし、録音②を取る。
- ・水をステンレスコップ A に戻し、ステンレスコップ A を常温の水道水の入ったボールに入れて約 30℃に冷却する。
- ・水を図1の受け皿に入れ、ペルチェ素子を用いて、最初に記録した温度まで冷却した。
- ・水をステンレスコップ A に戻してから、図1の受け皿に水をこぼし、録音③を取る。

この一連の操作を 50g の水に対して、 $T=1, 3, 5$ 分でそれぞれ 3 回ずつ行い、100g の水に対して、 $T=1, 3, 5$ 分でそれぞれ 3 回ずつ行った。

§ 研究経過

実験を行って、いくつかの音声データについて audacity を用いて FFT によって作られたスペクトルとスペクトログラムを見てみたが、①, ②, ③の違いが見られなかった。この結果を受けて、いくつかの文献で音声分析について学習し、音声分析で有名な praat の使い方を習得してからそれを使ってひとまず①, ②, ③のそれぞれの特徴を調べることではっきりとした違いを見つけようと分析をした。

§ 研究の結果と考察

実際に音声を聞いていると、②は①と比べ、確かに低くくぐもった音となっている。③は①と比べ、僅か低くくぐもった音であるように思えた。Praat による分析では、図3のようにスペクトログラムを見ると、①と③は最初と最後に 500Hz から 3000Hz の周波数帯域において②と比べ弱くなっている。沸騰直後の水をこぼした時の音の低さはこれで説明がつく。しかし、①と③では、はっきりとした違いは見られなかった。

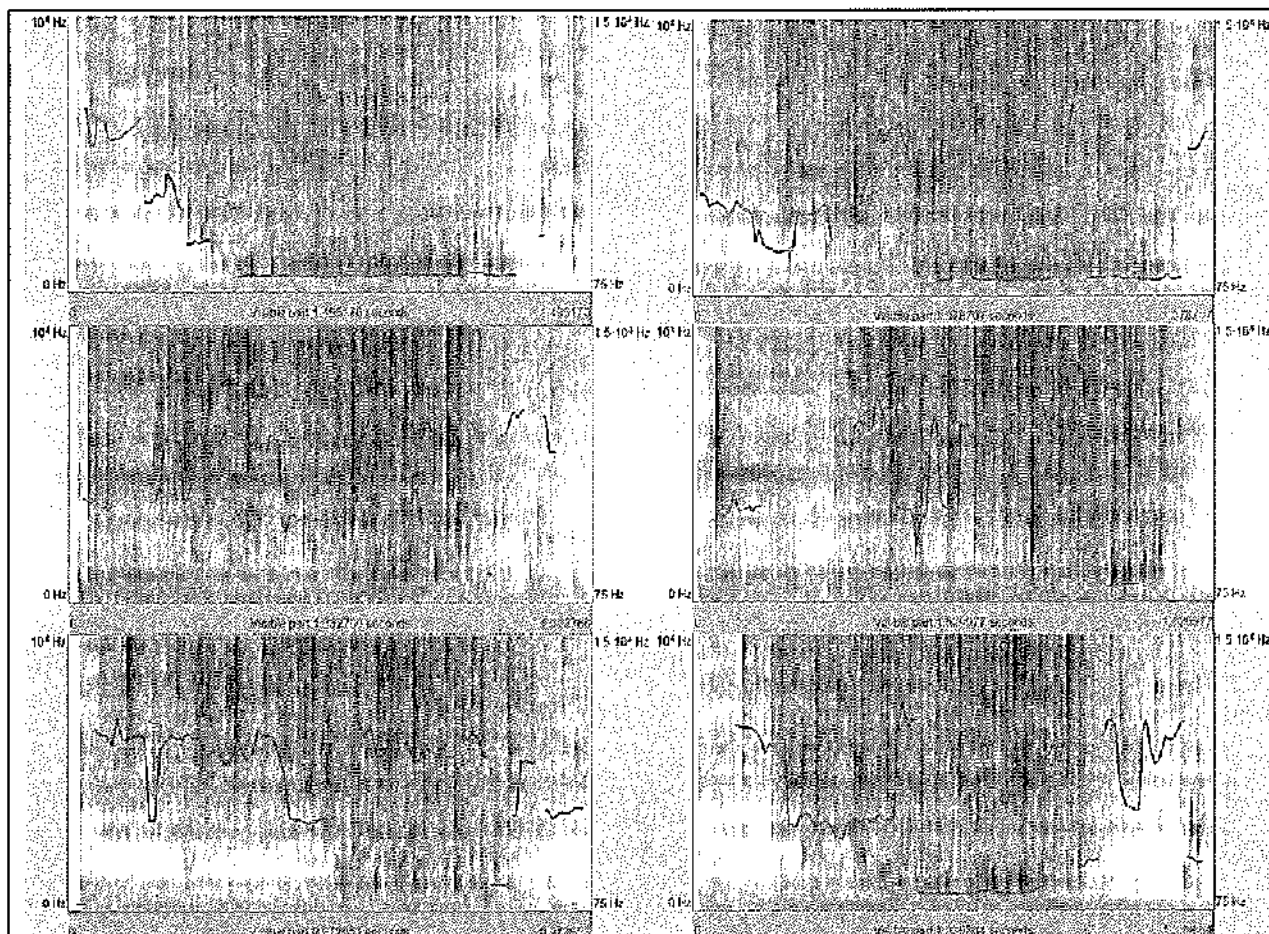


図3 スペクトログラム（縦軸が左側）とピッチ（縦軸が右側）を重ねた図。50g 水、 $T=5$ 分条件下の録音のうち2つの左右に並べ、上から順に①、②、③と並べた。ウィンドウ長は0.005秒。

次に、フォルマントの分布を調べた。図4の左と中の点線が囲む範囲のように、ほとんどの場合、②は第2フォルマントが1000Hzのところで特徴的な分布をしていた。しかし、図4の右のように、例外も存在している。また、③は①と比べ、図4の中の破線が囲む範囲のように少し②に似ているものもあったが、はっきりとした違いは見つからなかった。人の発する母音は第1フォルマントと第2フォルマントの周波数分布図において特徴的な分布を示すことを合わせて考えると、水をこぼした時の音の違いは高さにのみならず、「音色」にもあることを示唆している。

この二つの分析はいずれも同じ条件下のデータについて、随分と違いのある結果が見られた。これは手で水をこぼす不確かさからくるものだと推測している。図4の右の実線が囲む範囲をノイズと考え、他のデータにもそのような広範囲にわたるノイズが存在している可能性が高い。このことは①と③の違いはそのノイズのよってかき消されたことを示唆している。

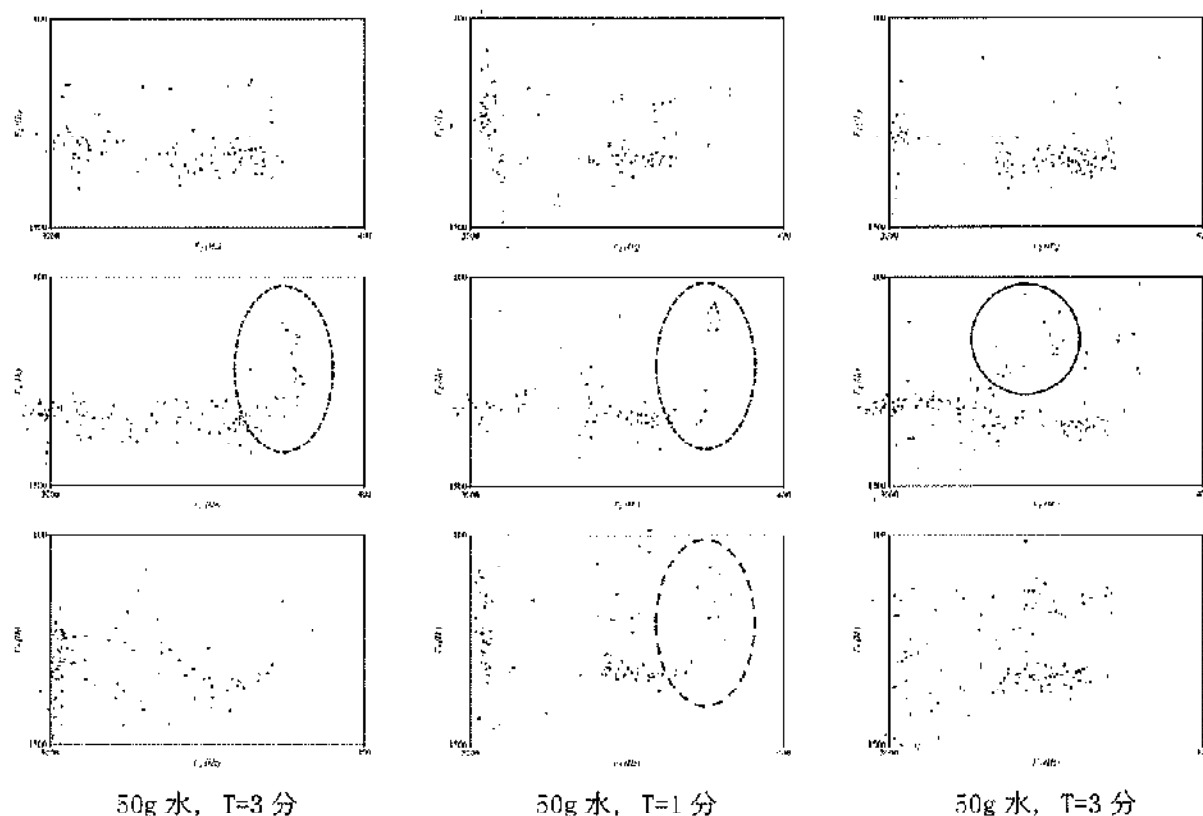


図4 第1フォルマント F_1 と第2フォルマント F_2 の周波数分布を上から順に①, ②, ③と並べた。
ウィンドウ長 0.025 秒。

§最後に

残念ながら今回は当初予定していた水の性質に論じることができず、その前の段階の検証についても十分に①と③の違いを数値化して検証することができなかった。

これからは、実験面では、こぼす時間の長さや速さなどが統一されておらず、これらの不確かさを、ポンプもしくはサーボモーターなどの機械を用いて無くしていきたい。また、分析面では、音の違いをはっきりと、そして定量的に調べることが出来なかったので、音声分析や物性に関する知識を身につけて再び挑戦したい。

§参考文献

- [1] 基礎音響・オーディオ学 / 小泉宣夫著 / コロナ社
- [2] 実験音声学のための音声分析 / 平坂文男著 / 関東学院大学出版社
- [3] 独習 Excel で解く音のスペクトル解析：デジタル音楽・デジタルカメラの写真・CT や MRI 画像にも役立つ基礎知識 / 佐々木隆幸著 / 工業調査会